FPD상에서 전화면 디스플레이를 위한 Δ-형 필터의 특성

조화현[†] · 최철호[†] · 권병헌[††] · 최명렬[†]

요 약

본 논문에서는 선행 연구한 Δ-형 필터를 토대로 하여 이의 특성을 종합적으로 비교 분석하였다. 먼저 화면 확장을 위한 Δ-형 필터의 알고리즘에 대해서 논하였고, 이의 특성, 즉 Δ-형 필터의 에지 보존특성과 알고리즘에 근거하여 기존 방식들과의 연산량을 비교하였다. 그리고 제안한 방식과 기존의 알고리즘을 PSNR을 도입하여 정량적으로 비교하였으며, Synopsys VHDL에 의한 구현을 통하여 하드웨어의 복잡성을 비교하였다. 마지막으로 Δ-형 필터의 특징과 trade off에 대해서 논하였다.

The Characteristics of Δ-shaped Filter for Full Screen Display on the FPD

Hwa-Hyun Cho[†], Chul-Ho Choi[†], Byong-Heon Kwon[††]
and Myung-Ryul Choi[†]

ABSTRACT

In this paper, we have analized the characteristics of Δ-shaped filter based on preceeding study. The algorithm of Δ-shaped filter for full screen display has been discussed including their edge-preserving characteristics and computation complexity compared with the conventional algorithms. PSNR has been employed to compare the proposed method to the conventional algorithms. The proposed algorithm has been implemented using Synopsys VHDL tool. In addition, the features and trade off of the Δ-shaped filter have been discussed.

1. 서 론

현재 멀티미디어와 정보화 사회에서 인간과 기계장치의 인터페이스 역할을 담당하는 부분으로써 디스플레이 분야가 관심을 받고 있으며, 컴퓨터 보급의 확대와 보편화로 인하여 디스플레이의 중요성이 증가하고 있다. 이에 부흥하여 기존의 CRT(cathode ray tube)를 대신하는 FPD(flat panel display)의 개발이 활발히 이루어지고 있다. FPD 패널의 크기가 커지고, 고해상도를 요구하며 기존의 CRT처럼 입력되는 해상도와 상관없이 전화면 디스플레이를 요구하고 있다. FPD의 특징은 CRT에 비해서 박형, 경량, 소형의 특징과 아날로그 구동 방식을 채택하고 있다. 이러한 디지털처리 방식의 장점은 잡음에 강하며, 비트수를 증가시키면 표현 가능한 수치의 범위가 넓어지기 때문에 열화가 적은 연산처리가 가능하고 고화질 실현이 가능하다[1].

입력되는 영상이 저해상도이고 패널의 크기가 고해상도인 경우 전화면 표시를 위해서는 보간 알고리즘을 필요로 한다.

본 논문에서는 선행 연구한 보간용 Δ-형 필터를 토대로 하여 이의 특성을 종합적으로 비교 분석하였

본 논문은 산업자원부와 과학기술부에서 시행한 선도기술개발사업(차세대평판표시장치기반기술 개발사업)의 지원을 받았습니다.
† 한양대학교 전자 · 컴퓨터공학부
†† 정회원, 유한대학 정보통신과

다. 먼저 Δ-형 필터의 정의와 전화면 디스플레이를 위한 Δ-형 필터에 대해서 간략하게 논하고 이의 특성, 즉 Δ-형 필터의 에지 재현특성, 알고리즘과 하드웨어 구조에 근거하여 각 방식의 연산량을 비교하였다. 그리고 실험영상을 이용하여 에지 재현특성을 비교, 분석하였고 정량적으로 비교하기 위하여 PSNR (peak signal noise ratio)을 도입하였으며, 각 방식의 연산량을 비교하기 위하여 Synopsys VHDL을 이용하였다.

2. 기존의 보간 방식

2.1 보간 기법

디지털 화상처리에서 원본 이미지의 해상도를 높이려 할 경우 존재하지 않는 데이터를 생성해내야 한다. 보간 기법은 보간할 픽셀의 주위에 존재하는 픽셀의 정보를 이용하여 새로운 값을 생성한다.

보간 기법의 선택은 응용분야에 의해서 좌우되는데 이것은 이미지 화질과 처리 시간의 트레이드 오프(trade off) 이다. 정교한 알고리즘은 이미지의 화질을 향상시키지만, 더욱 복잡한 보간 함수를 필요하고, 더 많은 연산시간을 요구한다. 평판 디스플레이용 보간 방식으로는 ZOI(zero order interpolation), FOI(first order interpolation), 미디안 방법(median method), 의사 미디안 필터(psedomedian filter) 방식들이 있다.

2.2 ZOI

이 방식은 생략된 이전 라인의 화소를 그대로 반복하는 방식인데, 이는 라인 반복 방법(line repetition method) 이라고도 한다. 이 방식의 하드웨어 구성은 간단하지만 화질이 저하되기 때문에 제한된 적용성을 갖는다.

그림 1은 보간할 라인에 위치하는 화소값은 이전 라인의 화소값이 그대로 옮겨오는 것을 나타내고 있다.

그림 1. ZOI의 원리
Fig. 1. The principle of ZOI.

2.3 FOI

이 방식은 라인 평균 방법(line average method)이라고 칭하며, 비월 주사된 각 필드에 빠져있는 주사선을 인접한 위, 아래의 주사선의 화소값을 평균하여 보간하는 방식이다. 차분 방정식은 식 (1)로 표현된다[2].

$$y(n) = 0.5x(n-1) + 0.5x(n+1) \quad (1)$$

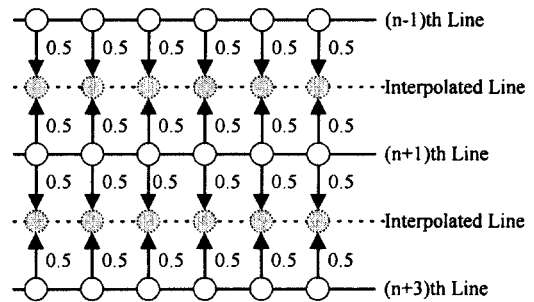



그림 2. FOI 원리
Fig. 2. The principle of FOI.

여기에서 $y(n)$는 보간처리된 라인의 화소 값을 나타내고 $x(n-1)$는 $(n-1)$번째 라인에 위치하는 화소값을 의미한다. 그리고 $x(n+1)$는 $(n-1)$번째 라인에 위치하는 화소값을 나타낸다. 식 (1)을 z 변환하여 전달함수의 형태로 나타내면 식 (2)로 표현할 수 있다.

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{z+z^{-1}}{2} \quad (2)$$

이 방식은 복합 영상신호를 휘도신호와 색도신호로 분리후에 처리되며, 움직임 적응형 보간 방식에서 동화처리 모드에 적용되는 방식이다.

2.4 Median Method

미디안 필터링은 신호처리에서 사용되는 가장 보편적인 비선형기법중의 하나이다. 미디안 필터는 개념적으로 복잡하지는 않지만 실제 계산량을 많이 요구

되는 방식이다. 미디안필터는 윈도우 함수가 각 점의 신호를 통과함으로써 쉽게 산출되는 연산자이며, 필터의 출력은 윈도우 내부의 미디안 값을 취한다[3,4].

미디안 필터를 보간기법에 적용하기 위해서는 그림 3에서와 같이 보간하고자 하는 화소가 g라고 할 때, 사용되어지는 주변 화소가 6개이므로 미디안 필터를 구성하기 위해서는 문제점이 있다. 이러한 문제점은 윈도우의 크기와 형태를 변형시키더라도 윈도우의 구조가 대칭 구조를 가져야 한다면 해결되지 않는다.

하나의 해결방안으로 변형된 미디안 필터를 들 수 있다. 이 방식은 그림 3에서 g의 상, 하에 위치하는 화소의 평균을 입력화소로 추가하여 이용하는 방식인데, 이 방식에 의한 미디안 필터의 출력은 식 (3)과 같이 표현 할 수 있다.

$$g = MED\{a, b, c, d, e, f, h\} \qquad (3)$$

여기서 $h = (b+e)/2$

a b b (n-1)th Line

g Interpolated Line

d e f (n+1)th Line

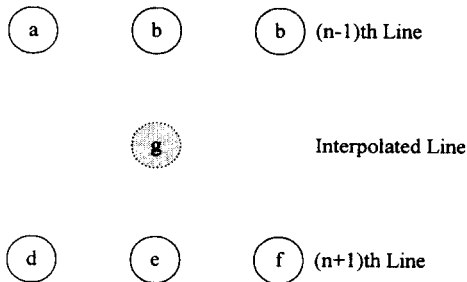



그림 3. Median 연산에 사용된 화소군
Fig. 3. The pixels used for Median.

2.5 ELA(edge based line average)

ELA는 주로 TV 신호처리에 이용되며 임펄스 노이즈에 강한 반면 두 라인의 평균을 이용하기 때문에 윤곽이 흐려지는 경향이 있다. 이 알고리즘은 에지가 색상이 다른 바탕에 대해서는 재생을 잘 해낼 수 있으나, 대각선 방향이 단선일 경우는 알고리즘의 순서에 따라서 대각선을 재생할 수도 있고, 혹은 바탕색으로 재생될 수도 있다. 이용되는 화소는 그림 4로 표현되며, 보간될 화소 $x(i, j)$를 구하는 식은 (4)와 같다.

$$a = ABS\{x(i-1, j-1) - y(i+1, j+1)\} \qquad (4)$$
$$b = ABS\{x(i-1, j) - y(i+1, j)\}$$
$$c = ABS\{x(i-1, j+1) - y(i+1, j-1)\}$$

if $\min(a, b, c) = b$
$$x(i, j) = 0.5 * \{x(i-1, j) + x(i+1, j)\}$$
elseif $\min(a, b, c) = a$
$$x(i, j) = 0.5 * \{x(i-1, j-1) + x(i+1, j+1)\}$$
else
$$x(i, j) = 0.5 * \{x(i-1, j+1) + x(i+1, j-1)\}$$

j-2 j-1 j j+1 j+2
i-3
i-2
i-1
i x(i,j)
i+1
i+2
i+3

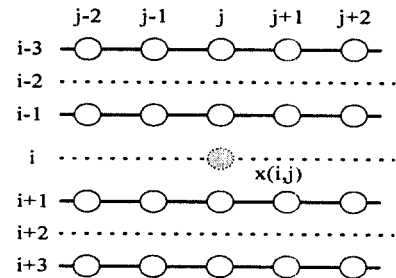



그림 4. ELA 연산에 사용된 화소군
Fig. 4. The pixels used for ELA.

2.6 H-형 PMED

그림 5는 PMED(pseudomedian) 연산에 사용되는 화소들을 나타낸 것이다. a, b, c는 (n-1)번째 라인에 위치하는 화소들이며, d, e, f는 (n+1)번째에 위치하는 화소들이다. 여기서 g는 보간될 화소를 나타낸다[2].

그림 5에 도시된 형태의 윈도우에 대한 부윈도우는 {a,b,c}, {d,e,f}, {b,e}이다. 이때 이 방식에 의해 보간되는 화소값 g는 아래의 식 (5)과 같이 산출되어진다. 식 (5)이 의미 하듯이 보간되는 화소값 g는 수평, 수직방향으로 인접하는 화소들의 선형 및 비 선형에 의해 산출되어 진다.

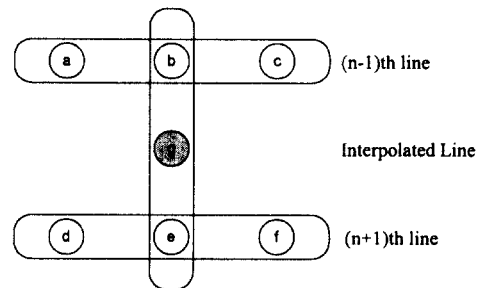



그림 5. H-형 PMED 연산에 사용된 화소군
Fig. 5. The pixels used for H-shaped PMED.

$$g = PMED\{a, b, c, d, e, f\} \quad (5)$$
$$= 0.5 * \max[\min\{a, b, c\}, \min\{d, e, f\}, \min\{b, e\}]$$
$$+ 0.5 * \min[\max\{a, b, c\}, \max\{d, e, f\}, \max\{b, e\}]$$

2.7 Asterisk-형 PMED

영상에서 임의의 화소는 주변화소와 수평, 수직뿐만 아니라, 대각선 방향에 대해서도 상관관계가 크다. H-형 PMED가 수평, 수직 방향을 고려한 방식인 반면에, Asterisk-형 PMED는 대각선 방향과 수직 방향을 고려한 방식이다. 이 방식은 보간되어지는 화소 g와 대각선 방향에 위치하는 두화소군 {a,f}, {c,d} 그리고 g와 수직방향에 위치하는 화소군 {b,e}를 부원도우로 이용한다. 따라서 이와같은 부원도우의 최대치중의 최소치와 최소치중의 최대치의 평균에 의해 보간되어 지는 화소 g의 값이 결정된다. 그림 6에서 이 방식에 사용되는 화소군과 출력식을 (6)에 나타냈다.

$$g = PMED\{a, b, c, d, e, f\} \quad (6)$$
$$= 0.5 * \min[\max\{a, f\}, \max\{c, d\}, \max\{b, e\}]$$
$$+ 0.5 * \max[\min\{a, f\}, \min\{c, d\}, \min\{b, e\}]$$

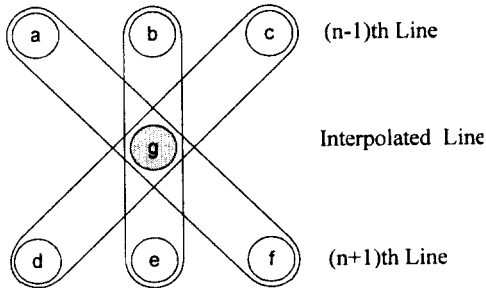



그림 6. Asterisk-형 PMED 연산에 사용된 화소군
Fig. 6. The pixels used for Asterisk-shaped PMED.

3. Δ-형 필터

3.1 Δ-형 필터 원리

미디안 필터와 PMED를 변형한 필터로 에지 특성이 비교적 좋으면서 하드웨어를 간단히 구성 할 수 있다. 삼각형 부원도우 {a, c, e}에서의 중간값과 역삼각형 모양의 부원도우 {b, d, f}에서의 중간값{b,e} 그리고 상하값의 중간값을 구하여 보간할 화소의 값을 계산한다. 이 필터에 대한 식을 표현하면 식 (7)과 같다[5,6].

$$g = med[med\{a, c, e\}, med\{b, d, f\}, 0.5*(b+e)] \quad (7)$$

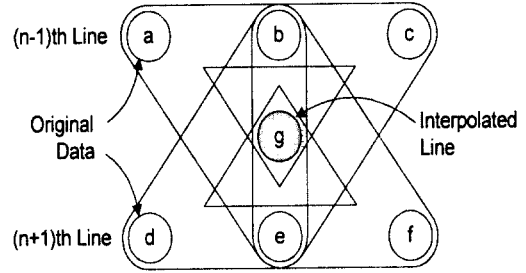



그림 7. Δ-형 필터 연산에 사용된 화소군
Fig. 7. The pixels used for Δ-shaped filter.

3.2 Δ-형 필터의 구조

그림 8에서 (a)는 2 입력 화소를 정열(sorting)하기

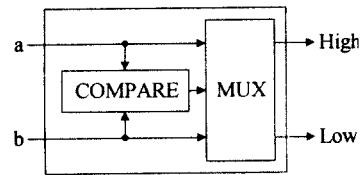
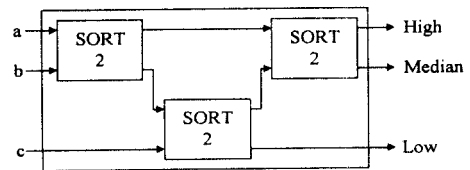
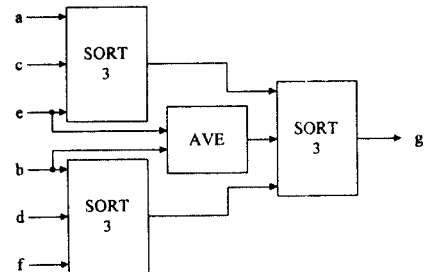



그림 8. Δ-형 필터의 하드웨어 구조
Fig. 8. The hardware structure of Δ-shaped filter.

위한 구성을 나타낸 것이다. (b)는 3 입력 화소를 정열하기 위한 구성과 (c)는 제안한 Δ-형 필터의 구조를 나타낸다. Δ-형 필터는 비교기 9개, MUX 9개, 덧셈기 1개로 구성된다. 실제로는 덧셈기에서 나온 출력의 LSB 다음의 비트부터 캐리 비트까지 8 비트를 취하기 때문에 곱셈기는 필요 없게 된다. SORT2에서 사용한 MUX는 비교기에서의 출력을 제어 신호로 하여 큰수를 High, 작은수를 Low로 출력하게 된다. SORT2를 기본으로 하여 SORT3를 만들고, 이것을 모아서 전체적인 필터를 구성하게 된다.

4. 컴퓨터 시뮬레이션 결과

4.1 에지특성 평가

본 논문에서는 화면 확장시 적용되는 방식들의 에지특성을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 45°, 90°,135°에 대하여 비교하였다. 컴퓨터 시뮬레이션 결과 90° 경우에서는 배경의 값을 재현하며, 90° 또는 135° 인 경우 알고리즘에 따라 에지 재현 특성의 차이를 확인할 수 있었다. 그림 9는 135°의 에지 특성을 비교한 것이다.

그림 9의 (a) ZOI 방식은 이전라인의 화소값을 그대로 반복하는 방식이므로 섬세한 에지특성을 재현하지 못하며, (b)의 FOI 방식은 배경과 물체의 계조의 평균값을 나타내므로 계조차가 크면 클수록 에지는 더욱 열화된다. 미디안 방식도 135°의 에지에 대해서 FOI와 같은 특성을 나타냈으며 (g), (h)는 원영상의 에지를 재현해 내고 있었다.

4.2 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 PSNR 비교

실험영상에서는 모서리 부분의 에지 특성, 문자특성, 천연색에 대한 특성 등을 고려하여 640×480 해상도의 24 비트 트루 컬러의 압축이 되지 않은 이미지 네 개를 합쳐서 하나의 이미지 파일을 만들었다.

PSNR을 이용한 계산 값은 표 1과 같다. PSNR은 실제 화상과 보간 하여 만들어진 화상과 수치적인 계산으로 얼마나 근사한가를 알아보기 위한 것이므로 사람의 시각을 통하여 실제로 보고 지각하는 평가와는 거리가 있다.

표 1에 나타낸 것과 같이 알고리즘이 단순한 ZOI는 수치가 가장 낮고, 시뮬레이션에서는 H-형 PMED

(a) Source (b) ZOI method

(c) FOI method (d) ELA method

(e) Median method (f) H-형 PMED method

(g) Asterisk-형 PMED method (h) Δ-형 method

그림 9. 135° 코너 특성
Fig. 9. The feature of 135° corner.

그림 10. 원래의 영상
Fig. 10. Original Image.

이 가장 우수하다. 본 연구에서 제안한 Δ-형 보간 알고리즘은 미디언 필터와 A-형 PMED 보다 우수한 결과를 보였다. 그림 11에 각 방식의 PSNR을 나타냈다.

표 1. PSNR에 대한 각 방식 비교
Table 1. The comparison of processing methods by PSNR.

	RED	GREEN	BLUE
ZOI	22.95	21.86	21.10
FOI	25.62	24.39	23.50
MED	25.66	24.39	23.66
H-형 PMED	25.82	24.59	23.80
A-형 PMED	25.31	24.01	23.39
ELA	24.42	23.02	22.45
Delta	25.79	24.57	23.77

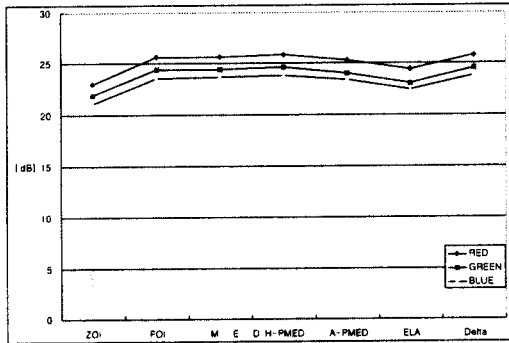



그림 11. PSNR에 대한 각 방식 비교
Fig. 11. The comparison of processing methods by PSNR.

4.3 각 보간 방식에 대한 Delay, Area, 선명도 비교

표 2는 각 보간 알고리즘에 대한 처리 속도(delay), 하드웨어 복잡성, 선명도, PDA (product delay area)를 나타냈다. 그림 12은 처리 속도와 하드웨어의 복잡성을 트레이드 오프(trade off)한 PDA를 나타냈다[7].

그림 12에서 FOI가 가장 최적화된 보간 기법인 것을 알 수 있다. 이 것은 FOI가 다른 방식에 비해서 상대적으로 낮은 처리 속도, 하드웨어 복잡성에 대해서 높은 값을 나타내고 있기 때문이다. 그러나, 실제로 FOI는 저역 필터이기 때문에 화상의 윤곽 정보가 상당히 소실되어 화상의 고역 부분에 더욱 민감한 인간의 시각으로는 다른 비선형 필터 (Median 방법, H-형 PMED, Asterisk-형 PMED, Δ-형 보간 필터)에 의해 보간된 화상보다 화질이 상당히 떨어짐을 느낀다. 따라서 인간의 시각과 근접한 새로운 화질

표 2. 각 보간 방식에 대한 PDA의 비교
Table 2. The comparison of processing methods by PDA.

	Delay (nsec)	Area	선명도	PDA
FOI	2.91	67.26	나쁨	196.09
Median 필터	5.84	1563.45	보통	9130.20
ELA 필터	6.73	847.43	나쁨	5703.20
H-형 PMED	5.52	1005.05	우수	5551.89
A-형 PMED	4.37	648.76	우수	2835.08
Δ-형 필터	3.64	611.74	우수	2227.34

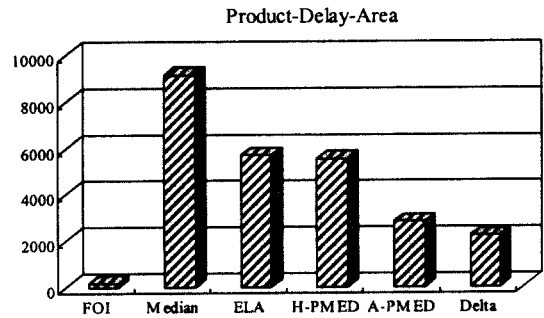



그림 12. PDA에 대한 각 방식의 비교
Fig. 12. The comparison of processing methods by PDA.

평가 방법이 요구된다. 그리고, FOI를 제외한 비선형 필터 중에서 PDA가 가장 낮은 수치를 나타내는 것은 Δ-형 보간 기법임을 알 수 있다. 그림 13에는 Synopsys의 Design Anaylzer를 이용한 합성 결과를 나타냈다.

5. 결 론

본 논문에서는 선행 연구한 Δ-형 필터를 기본으로 하여 제안한 필터의 특성을 종합적으로 분석, 비교하였다. Δ-형 필터의 에지에서의 특성, 하드웨어 구조에 근거하여 기존의 방식과 제안한 방식과의 연산량을 비교하였다. 그리고 기존의 방식과 제안한 방식을 정량적으로 비교하기 위하여 PSNR을 도입하였고, 그 결과 제안한 방식이 이미지의 미세부분 등과 같은 전체적인 화질의 향상과 아울러 윤곽부분에서 더욱 매끄러운 특성을 보임을 알 수 있었다.

정량적 평가 기준으로 사용된 PSNR의 경우에는

(a) FOI (b) Median Method

(c) ELA Filter (d) H-형 PMED

(e) Asterisk-형 PMED (f) Δ-형 filter

그림 13. Synopsys Design Analyzer를 이용한 합성 결과
Fig. 13. The results of the synthesis using the Synopsys Design Analyzer.

영상의 에지 특성을 고려한 PMED방식과 유사하였으나 재생된 영상의 에지 특성의 우수성과는 일치하지 않았다. 이러한 결과는 PSNR이 우수하다고 하여 반드시 인간의 시각특성에 적합한 방식이라고 단정할 수 없다. 따라서 인간의 시각특성을 고려한 정량적인 평가방법의 연구가 필요하다.

제안한 알고리즘은 연산 방식에서 선형 및 비선형 특성을 가지고 있으며, 하드웨어 구조면에서 윈도우 형상을 가변시킴으로서 화상특성에 따라 연산방식의 가변이 가능하다. 기존의 고정형 연산처리 방식에 비하여 단순하게 구성되므로 구현이 용이하므로 보간처리 방식을 필요로 하는 FPD 분야 및 다양한 시스템에 적용되리라 예상된다.

참 고 문 헌

[1] Randy Crane, *Simplified Approach to Image Processing*, Prentice-Hall, pp. 55-83, 1994.

[2] 권병헌 외, "Pseudomedian 필터를 이용한 주사선 보간기법", 한국통신학회 논문지, Vol. 19, No. 10, pp. 1900-1909, 1994.

[3] K. Oistamo, Y. Neuvo, "A Motion Intensive Method for Scan Rate Converter and Cross Error Cancellation", *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol.37, No.3, pp. 296-301, Aug. 1991.

[4] H. Rabtanen, "Color Video Signal Processing with Median Filters", *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol.38, No.3, pp. 157-161, Aug. 1992.

[5] M. Choi, et al., "Δ-shaped interpolation algorithm for a-Si TFT LCD Display", *Korea Symposium on Information*, pp. 25-26, 1998.

[6] C. Choi, et al., "An Image Processor for SXGA/UXGA FPD", *AP-ASIC'99*, pp. 250-253, 1999.

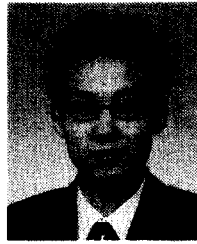
[7] 조화현 외, "화면 확대를 위한 보간 기법들의 성능 분석", 제 13회 산·학·연 멀티미디어 산업기술 학술대회, pp. 223-226, 1999.

최 명 렬

1983년 한양대학교 전자공학과 학사
1985년 미시간주립대학교 컴퓨터공학 석사
1991년 미시간주립대학교 컴퓨터공학 박사
1991년 3월~10월 생산기술 연구원 전자정보실용화센터 조교수, 1991년 11월~1992년 8월 생산기술연구원 산하 전자부품종합기술연구소 선임연구원, 1992년 9월~현재 한양대학교 전자·컴퓨터공학부교수

관심분야 : ASICs, 신경회로망 칩 설계, 스마트카드 응용, μP/DSP, Wireless ATM, RF-IC

권 병 헌

1987년 한국항공대학교 전자공학과 학사
1989년 한국항공대학교 전자공학과 석사
1995년 한국항공대학교 전자공학과 박사
1989년 1월～1997년 8월 LG전자(주) 멀티미디어 선임연구원
1997년 9월～현재 유한대학 정보통신과 전임강사
관심분야 : 영상 신호 처리, 영상 통신

최 철 호

1998년 한양대학교 제어계측공학과 학사
2000년 한양대학교 제어계측공학과 석사
2000년 전자 · 컴퓨터공학부 박사과정
관심 분야 : ASIC, VLSI

조 화 현

1999년 한양대학교 제어계측공학과 학사
1999년 3월～현재 한양대학교 전자 · 컴퓨터공학부 석사 과정
관심 분야 : ASIC, 저전력 반도체 회로 설계